



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 199 02 219 C 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**H 01 M 8/04**  
H 01 M 8/10

⑳ Aktenzeichen: 199 02 219.4-45  
㉔ Anmeldetag: 21. 1. 1999  
㉕ Offenlegungstag: -  
㉖ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 8. 6. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉗ Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

㉘ Erfinder:  
Konrad, Gerhard, Dr., 70197 Stuttgart, DE

㉙ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE	197 04 888 A1
US	53 60 679 A
EP	06 69 042 B1

㉚ Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems und Brennstoffzellensystem

㉛ Gemäß der Erfindung erfolgt in einem Brennstoffzellensystem mit mindestens einer Brennstoffzelle eine Rückgewinnung von in einem Abluftstrom der mindestens einen Brennstoffzelle enthaltener Feuchtigkeit mittels Adsorption, anschließender Desorption adsorbierten Wassers und Rückführung in den Zuluftstrom und/oder den Brennstoffstrom der mindestens einen Brennstoffzelle und/oder zur Reformereinheit und/oder zur Ergänzung des flüssigen Energieträgers Methanol-Wasser-Gemisch eines DMFC-Systems.

DE 199 02 219 C 1

DE 199 02 219 C 1

weiligen Lastzustand angepaßt.

In alternativer Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Adsorption bzw. Desorption in einem oder mehreren Festbetten, deren Zu- und Abluftströme zyklisch umgeschaltet werden. In dieser Ausgestaltung wird somit nicht das Absorbens abwechselnd in den Adsorptions- bzw. den Desorptionsbereich gedreht, sondern die Zuluft- und Abluftströme werden abwechselnd auf das bzw. die Festbetten umgeleitet. Durch diese Maßnahme kann die Desorption auf einfache Weise durch indirekte Wärmezufuhr, beispielsweise aus dem Kühlkreislauf des Brennstoffzellensystems oder durch elektrische Heizung, unterstützt werden.

Die vorliegende Erfindung eignet sich insbesondere zur Anwendung in Brennstoffzellensystemen aus PEM-Brennstoffzellen sowohl beim Betrieb mit Wasserstoff oder Reformat als auch mit flüssigen Energieträgern (DMFC), wobei auch eine Kombination aus Kondensation und Adsorption möglich ist. Sie ist jedoch nicht auf PEM-Brennstoffzellensysteme beschränkt.

Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems.

Das in der Figur dargestellte Brennstoffzellensystem 10 umfaßt eine Brennstoffzelle 12 mit einer Kathode 14 und einer Anode 16. Zur besseren Übersichtlichkeit der Darstellung ist in der Figur nur eine Brennstoffzelle 12 eingezeichnet - in der Praxis handelt es sich dahingegen um einen durch Stapelung mehrerer Brennstoffzellen gebildeten Brennstoffzellenblock.

Der Anode 16 der Brennstoffzelle 12 wird über eine Leitung 18 Wasserstoff ( $H_2$ ) oder ein wasserstoffhaltiges Gas (Reformat) zugeführt. Der Kathode 14 der Brennstoffzelle 12 wird über eine Leitung 20 Sauerstoff ( $O_2$ ) enthaltende Ansaugluft zugeführt. Die Ansaugluft durchläuft einen Luftfilter 22 und einen Kompressor einer Kompressor-Expander-Einheit 24, bevor sie der Kathode 14 der Brennstoffzelle 12 zugeführt wird.

Das Brennstoffzellensystem 10 umfaßt des weiteren einen drehbaren Adsorber 28 (Rotoradsorber), der derart angeordnet ist, daß er mit einem Abschnitt in dem Zuluftstrom 20 und mit einem anderen Abschnitt in einem Abluftstrom 30 der Brennstoffzelle 12 liegt. Die Drehachse D des Rotoradsorbers ist derart zwischen Zuluftstrom 20 und Abluftstrom 30 angeordnet, daß bei Drehung des Rotoradsorbers 28 im Sinne des eingezeichneten Pfeiles sich stets ein Abschnitt des Rotoradsorbers 28 in dem Zuluftstrom 20 und ein anderer Abschnitt in dem Abluftstrom 30 befindet. Dadurch werden ein Desorptionsbereich 21 im Zuluftstrom und ein Adsorptionsbereich 31 im Abluftstrom 30 definiert.

Die Abluft der Kathode 14 der Brennstoffzelle 12 wird entlang einer Leitung 30 durch einen Expander der Kompressor-Expander-Einheit 24 dem Adsorptionsbereich 31 des Rotoradsorbers 28 und danach einem Schalldämpfer 32 zugeführt. In der Abluftleitung 30 kann, wie in der Figur dargestellt, ein der Kompressor-Expander-Einheit 24 vorgeschalteter Kondensat-Ableiter 34 vorgesehen sein, der bereits den Teil der in der Kathodenabluft in Form von Nebeltröpfchen enthaltenen Feuchtigkeit abscheidet. Ebenso kann auch unmittelbar vor dem Adsorbereintritt ein Kondensat-Ableiter angeordnet sein.

Der Kondensat-Ableiter 34 kann auch dazu dienen, einen Teil des rückgeführten Wasseranteils flüssig zurückzugewinnen, weil durch die erhöhte Feuchtigkeit der Zuluft vor der Kathode 14 der Brennstoffzelle 12 der Anteil der in Form von Nebeltröpfchen enthaltenen Feuchtigkeit größer sein wird. Ebenso ist zur flüssigen Rückgewinnung die Ver-

wendung eines weiteren Kondensat-Ableiters mit oder ohne zusätzlichen Wärmetauscher (Kühler) vor oder hinter der Brennstoffzelle 12 denkbar.

Die verbleibende Feuchtigkeit in der Abluft wird in dem Adsorptionsbereich 31 des Rotoradsorbers 28 adsorbiert. Das adsorbierte Wasser wird durch Drehung im Sinne des eingezeichneten Pfeiles in den Desorptionsbereich 21 des Rotoradsorbers 28 gedreht und dort durch nicht näher dargestellte Energiezufuhr, beispielsweise in Form von Heißluft, desorbiert und direkt in den Zuluftstrom 20 zur Befeuchtung der Zuluft aufgenommen. Somit erfolgt die Adsorption des Wassers aus dem Abluftstrom der Brennstoffzelle auf niedrigem Druckniveau unmittelbar vor dem Verlassen des Brennstoffzellensystems 10. Selbstverständlich kann die Adsorption auch vor dem Expander erfolgen.

In dem in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems erfolgt die Desorption mit Hilfe des nach dem Durchtritt durch den Luftkompressor der Kompressor-Expander-Einheit erhitzten Zuluftstroms vor dem Eintritt in den Kathodenraum der Brennstoffzelle. Somit wird als Trägergasstrom für die Desorption erfindungsgemäß der Zuluftstrom zur Brennstoffzelle auf hohem Druckniveau unmittelbar vor Eintritt in die Brennstoffzelle 12 verwendet. Alternativ hierzu kann eine Desorption durch den Zuluftstrom auch vor dem Kompressor erfolgen. Der als Adsorbens dienende, wie in dem dargestellten Ausführungsbeispiel möglich, nach der Desorption in einer Kühlungseinheit 26 durch die Ansaugluft gekühlt werden, bevor er wieder in den Adsorptionsbereich 31 gedreht wird.

Als geeignete Adsorbentien zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem sind insbesondere Silikagel und hydrophile Zeolithe geeignet, wobei jedoch auch andere Feststoffe mit einer großen inneren Oberfläche verwendbar sind. Die Adsorbentien können sowohl in einer Partikelschüttung als auch in Form geordneter Strukturen (Monolithstrukturen, Wickeladsorber) verwendet werden. Im letzteren Falle ist eine Aufbringung des Adsorbens auf ein Trägermaterial oder auch eine Verwendung des homogenen Stoffes in einstückiger Form möglich.

Die Wärmekapazität des insbesondere als Feststoff vorliegenden Adsorbens kann im Vergleich zu seiner Sorptionskapazität durch Hinzufügen eines Inertstoffes so eingestellt werden, daß eine energieoptimierte Desorption durch Wärmerückgewinnung bei gleichzeitig guter Adsorption und Desorption erreicht wird. Das Hinzufügen des Inertstoffes kann sowohl in Form einer separaten Schicht oder durch Mischung mit dem Adsorbens erfolgen.

Wie bereits vorstehend ausgeführt, ist die Erfindung nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel mit einem Rotoradsorber beschränkt. Vielmehr ist auch eine Ausführung als Festbettadsorptionsanlage möglich, die ein oder mehrere Festbetten umfaßt, auf die der Zu- bzw. der Abluftstrom jeweils zyklisch umgeschaltet werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem rückgewonnenes Wasser kann in dem Brennstoffzellensystem im Sinne einer Wasserbilanzausgleichung vielfältig eingesetzt werden. Insbesondere kann das rückgewonnene Wasser dampfförmig oder flüssig wenigstens teilweise zur Dampfreformierung gasförmiger oder flüssiger Energieträger, zur Hoch- oder Niedertemperatur-Shift-Reaktion gasförmiger oder flüssiger Energieträger oder zur autothermen Reformierung gasförmiger oder flüssiger Energieträger eingesetzt werden. Darüber hinaus ist bei DMFC-Systemen der Einsatz als Ergänzungswasser für den flüssigen Energieträger Methanol-Wasser-Gemisch möglich.

- Leerseite -